



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 19 967 A 1

51 Int. Cl. 7:
B 62 D 5/04
B 62 D 6/08

21 Aktenzeichen: 101 19 967.8
22 Anmeldetag: 24. 4. 2001
43 Offenlegungstag: 14. 2. 2002

DE 101 19 967 A 1

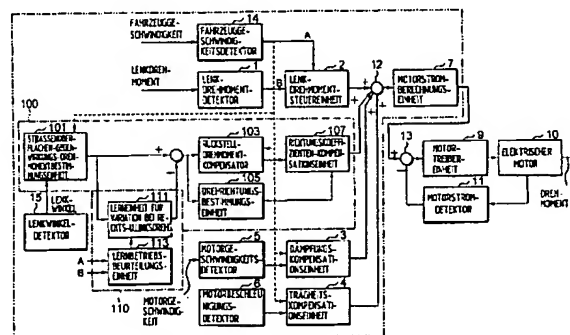
30 Unionspriorität:
2000-218664 19. 07. 2000 JP
71 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP
74 Vertreter:
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

72 Erfinder:
Wada, Shunichi, Tokyo, JP; Tado, Masahiro, Tokyo, JP; Nagai, Isamu, Kobe, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 54 Steuereinrichtung für elektrisches Servolenkgerät
57 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuer- bzw. Regelungseinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät mit einer Korrektureinheit (100) zum Kompensieren oder Unterdrücken einer Reibung, bei der eine Differenz der Rückstellkräfte und der Reibung aufgrund der Differenz der Dreh- oder Bewegungsrichtung in einem Lernvorgang erfasst wird, und eine Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte und die Reibung aufgrund der Differenz der Richtungen der Drehung oder Bewegung durch Angleichen derselben auf geeignete Werte gemäß den Richtungen unterdrückt wird, wodurch die Differenz der Rückstelligenschaften eines Lenkrads bei einer Rückstellung, ausgehend von rechts und ausgehend von links, unterdrückt wird.



DE 101 19 967 A 1

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der Anmeldung Nr. 2000-218664, eingereicht am 19. Juli 2000, und deren Inhalt ist hier durch Bezugnahme aufgenommen.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft elektrische Servolenkgeräte, die in Kraftfahrzeugen montiert werden. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Steuereinrichtung zum Steuern der Richtung und des Umfangs eines Hilfsdrehmoments, das durch ein elektronisches Servolenkgerät erzeugt wird.

[0003] Ein elektrisches Servolenkgerät detektiert ein Lenkdrehmoment, das dann erzeugt wird, wenn ein Lenkrad eines Fahrzeugs durch einen Fahrzeugführer gedreht wird, mittels eines Lenkdrehmomentdetektors, und es führt einen elektronischen Strom zu einem elektrischen Motor in Übereinstimmung mit einem detektierten Wert des Lenkdrehmoments zu. Der elektrische Motor, der durch den diesem zugeführten elektrischen Strom gedreht wird, ist mit einem Lenksystem verbunden, und er erzeugt ein erforderliches Hilfsdrehmoment für die Servolenkung. Allgemein weist ein Lenkgerät eine Selbstausrichtungsfunktion auf, und dieses kann ein manuelles Lenkgerät, ein hydraulisches Servolenkgerät oder ein elektrisches Servolenkgerät sein. Insbesondere steht dann, wenn ein Betreiber des Fahrzeugs die Kraft zum Halten eines Lenkrads reduziert oder dieses freigibt, mit von den Lenkrad weggenommenen Händen, während einem Prozess, bei dem das Lenkrad zu einer geraden Laufposition nach einem Lenken nach rechts oder links zurückkehrt, bei den lenkbaren Rädern des Fahrzeugs eine Tendenz dahingehend, automatisch zu einer Zwischen- oder Neutralposition zurückzukehren. Des Drehmoment zum Treiben der Fahrzeug zu der Zwischenposition erhöht sich mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit. In diesem Fall besteht mit einem elektrischen Servolenkgerät nach einem Lenkvorgang beispielsweise nach rechts für die Fahrzeugräder eine Tendenz für eine Bewegung zu der Zwischenposition, d. h. nach links, und zwar aufgrund der Selbstausrichtungsfunktion. Da die auf das Lenkrad durch den Betreiber zum Drehen des Lenkrads ausgeübte Kraft den Wert Null aufweist, muss das Lenkdrehmoment natürlicherweise den Wert Null aufweisen. Demnach ist der durch den Lenkdrehmomentdetektor detektierte Lenkdrehmomentwert Null, und demnach wird kein elektrischer Strom zu dem elektrischen Motor zugeführt, wodurch keine Hilfsenergie zum Lenken erzeugt wird. Im Ergebnis wird bewirkt, dass sich der betriebsgemäß mit einem Lenksystem verbundene elektrische Motor unter Nachfolgung der Drehbewegung des Lenksystems dreht, wie sie durch die Rückkehrlinksbewegung der Fahrzeugräder induziert wird, wodurch natürlicherweise eine Linksdrehung des Lenkrads bewirkt wird.

[0004] Jedoch bestehen bei dem bekannten elektrischen Servolenkgerät Probleme dahingehend, dass das Lenkrad nicht gleichmäßig bzw. glatt zu seiner Zwischenposition nach einem Lenkbetrieb zurückkehrt, und zwar aufgrund der Reibungskräfte, die durch die Reibung bei einem Rotor des elektrischen Motors erzeugt werden, und zwar bei dem Fahrzeug und bei dem Lenksystem dann, wenn sich das Fahrzeug mit geringer Geschwindigkeit fortbewegt, und ferner dahingehend, dass sich dann, wenn sich das Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit bewegt, in keiner Weise irgendein gutes mittenausgerichtetes Empfinden erhalten lässt, beispielsweise ein Empfinden einer Lenkradrückführung, ein Empfinden der Reibung usw. D. h. dann, wenn sich das Fahrzeug mit geringer Geschwindigkeit fortbewegt, bewegt sich das Lenkrad bei einer Rückführung von einer Lenkposition zu einer Zwischenposition, bei der sich das Fahrzeug gerade nach vorne bewegt, nicht automatisch in glatter

Weise im Vergleich zu einem manuellen Lenkgerät und einem hydraulischen Servolenkgerät, und im schlimmsten Fall muss der Fahrzeugführer das Lenkrad für die Korrektur so drehen, dass sich das Fahrzeug gerade führen lässt. Insbesondere dann, wenn das Fahrzeug sich mit hoher Geschwindigkeit fortbewegt, kehrt mittels der Selbstausrichtungsfunktion das Lenkrad bei einer Rückkehr von einer Lenkposition zu einer Geradeausposition, bei der sich das Fahrzeug gerade nach vorne bewegt, insbesondere dann, wenn das Lenkrad automatisch mit hiervon ausgelassenen Händen des Fahrzeugführers zurückkehrt, dieses nicht vollständig zu der Zwischenposition (der Geradeausposition) zurück, und im schlimmsten Fall muss der Betreiber das Lenkrad für eine Korrektur so drehen, dass sich das Fahrzeug gerade nach vorne bewegt.

[0005] Ein Verfahren zum Überwinden des Teils dieser Probleme wird beispielsweise in der nicht geprüften japanischen Patentanmeldungs-Veröffentlichung Nr. 7-186994 vorgeschlagen, und es ist ein Verfahren zum Verbessern der Lenkradrückführung oder zum Rückstellen des Leistungsvermögens während einer Fortbewegung mit geringer Geschwindigkeit offenbart. Bei diesem Verfahren wird das Lenkrad-Rückstellungsvermögen durch ein System verbessert, das einen Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektor zum Detektieren der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs enthält, sowie einen Lenkdrehmomentdetektor zum Detektieren des Lenkdrehmoments, das dann erzeugt wird, wenn der Betreiber ein Lenkrad dreht, einen Motorgeschwindigkeitsdetektor zum Detektieren der Drehgeschwindigkeit eines elektrischen Motors zum Erzeugen eines Hilfslenkdrehmoments, und einen Motorbeschleunigungsdetektor zum Detektieren der Drehbeschleunigung des elektrischen Motors. Das System enthält auch einen Richtungsdetektor zum Detektieren – auf der Grundlage der Signale von dem –, Motorgeschwindigkeitsdetektor und dem Lenkdrehmomentdetektor ob die Richtung der Drehung des elektrischen Motors und die Richtung des Lenkdrehmoments übereinstimmen oder nicht, sowie eine Hilfsdrehmoment-Bestimmungseinheit zum Bestimmen eines Umfangs eines Hilfsdrehmoments, das durch den elektrischen Motor zu erzeugen ist, und eine Treibereinheit zum Zuführen eines Umfangs an elektrischem Strom zu dem elektrischen Motor so, dass dieser in Übereinstimmung mit dem durch die Hilfsdrehmoment-Bestimmungseinheit bestimmten Hilfsdrehmoment getrieben wird. Die Hilfsdrehmoment-Bestimmungseinheit bestimmt das Hilfsdrehmoment entlang derselben Richtung wie der Richtung der Drehung des elektrischen Motors bei einer geringen Fahrzeuggeschwindigkeit, und sie bestimmt das Hilfsdrehmoment entlang einer Richtung entgegengesetzt zu der Richtung der Drehung des elektrischen Motors bei einer hohen Fahrzeuggeschwindigkeit, und der Umfang des Hilfsdrehmoments wird in beiden Richtungen auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Lenkdrehmoments dann bestimmt, wenn die Richtungsbestimmungseinheit bestimmt, dass die Richtungen des elektrischen Motors und des Lenkdrehmoments übereinstimmen, und ferner auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Drehgeschwindigkeit oder der Drehbeschleunigung des elektrischen Motors dann, wenn die Richtungsbestimmungseinheit bestimmt, dass die Richtungen des elektrischen Motors und des Lenkdrehmoments entgegengesetzt zueinander vorliegen.

[0006] Bei dem bekannten elektrischen Servolenkgerät mit der oben beschriebenen Konfiguration werden Verbesserungen des Lenkrad-Rückstellungsvermögens unter Freigabe der Hände des bzw. der Fahrzeugführers (Fahrzeugführerin) von dem Lenkrad bei niedriger Fahrzeugfortbewegungsgeschwindigkeit erwartet. Jedoch besteht ein

Problem dahingehend, dass sich die Charakteristiken des Lenkrad-Rückstelleistungsvermögens dann unterscheiden, wenn ein Lenkvorgang nach rechts und wenn ein Lenkvorgang nach links vorliegt, aufgrund einer Differenz der Reibung zwischen der Rückstellung von der rechten Seite und der Rückstellung von der linken Seite und aufgrund der Überhöhungen einer Straßenoberfläche. Mit größer werdender Reibung des Fahrzeugs und des Lenksystems wird tendenziell die Differenz der Reibung bei den Komponenten des Lenkgeräts gemäß den Lenkrichtungen hiervon und die Differenz der Reibung gemäß den Drehrichtungen oder der Bewegungsrichtung des Fahrzeugs größer. In diesem Fall wird dann, wenn eine Korrektur gemäß einem festen Wert erfolgt, ein Teil der verbleibenden Reibung, die dann verbleibt, wenn keine Korrektur durch Subtrahieren des festen Korrekturwertes hiervon erfolgt, größer, wodurch sich das Rückstell- oder Rückkehrmpfinden, das Rückstellen oder die Rückkehrgeschwindigkeit und die Eigenschaften für das Rückstellen oder der Rückkehrwinkel bei einer Rückstellung oder Rückführung des Lenkrads von den nach rechts oder nach links gelenkten Zuständen in großem Umfang voneinander unterscheiden, wenn die Rückstellkräfte der Fahrzeugräder bei einer Rückkehr zu der Zwischenposition durch die Selbstausrichtungsfunktion dieselben sind.

[0007] Ein anderes Problem besteht darin, dass sich das Rückstellempfinden, die Rückstellgeschwindigkeit und die Eigenschaften der Rückstellwinkel dann, wenn ein Rückstellen des Lenkrads ausgehend von den Zuständen mit einem Lenken nach rechts bzw. nach links erfolgt, in großem Umfang voneinander unterscheiden, und zwar aufgrund der Kräfte der Fahrzeugräder, die zu der Zwischenposition durch die Selbstausrichtungsfunktion zurückkehren, die sich voneinander bei einer Rückkehr von der rechten Seite und bei einer Rückkehr von der linken Seite unterscheiden, aufgrund der Überhöhungen der Straßenoberflächen. Bei einer Überhöhung einer Straßenoberfläche, die allgemein abfallend zu der Schulter von dem Zentrum der Straße gebildet ist, ist die Lenkradrückstellung deutlich (stark), wenn ein Lenken zu der Mitte der Straße erfolgt, und es ist gedämpft (schwach), wenn ein Lenken zu der Schulter hin erfolgt.

[0008] Demnach besteht ein technisches Problem der vorliegenden Erfindung in der Bereitstellung einer Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät, bei dem sich die Differenz der Rückstelleigenschaften für ein Lenkrad zwischen einer Rückstellung von der rechten Seite und einer Rückstellung von der linken Seite reduzieren lässt, durch Korrektur oder durch Löschen der Reibung bei einem Rotor eines elektrischen Motors, in einem Fahrzeug und in einem Lenksystem während einem Lenkbetrieb, durch einen Lernvorgang im Zusammenhang mit der Differenz der Richtungen der Rückstellkräfte und der Reibungen gemäß der Drehungs- oder Bewegungsrichtung, und durch Festlegen – als Ergebnis des Lernvorgangs – einer Korrekturgröße zum Korrigieren der unausgebalancierten Rückstellkräfte und der Reibungen der Differenz bei der Richtungen des Lenkradrückstellvorgangs (Dreh- oder Bewegungsrichtungen) zu einem geeigneten Wert in Übereinstimmung mit den jeweiligen Richtungen.

[0009] Im Hinblick auf das obige technische Problem wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät geschaffen, enthaltend einen elektrischen Motor, der in einem Lenksystem vorgesehen ist, angeschlossen zwischen einem Lenkrad und lenkbaren Rädern eines Fahrzeugs, zum Erzeugen eines Hilfsdrehmoments zum Unterstützen eines Lenkdrehmoments, das auf das Lenkrad durch einen Betreiber ausgeübt wird; eine Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit zum Steuern des elektrischen Motors derart, dass die Reibung in einem

Rotor des elektrischen Motors, in dem Fahrzeug und in dem Lenksystem kompensiert wird und ein Drehmoment zum Rückstellen des Lenkrads korrigiert wird; und eine Lerneinheit für einen Lernvorgang im Hinblick auf eine Differenz der Werte der Reibung in dem Rotor des elektrischen Motors, der Reibung in dem Fahrzeug und in dem Lenksystem und dem Drehmoment zum Rückstellen des Lenkrads, aufgrund der Richtung zum Rückstellen des Lenkrads; Die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit legt einen Umfang der Korrektur im Hinblick auf die Differenz aufgrund der Richtung der Drehung oder Bewegung des Lenkrads zu einem optimalen Wert in Übereinstimmung mit einem Lernwert der Lerneinheit fest.

[0010] Bevorzugt enthält die Lenkradrückstell-Korrektureinheit eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit zum Bestimmen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments, das durch eine Straßenoberfläche erzeugt wird, auf der sich das Fahrzeug fortbewegt, und die gegen eine Fahrzeugführer-induzierte Lenkkraft wirkt. Die Lenkradrückstell-Korrektureinheit kann einen Umfang einer Korrektur des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads erzielen, in Übereinstimmung mit einem Lernwert einer Ausgangsgröße der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit, wodurch der elektrische Motor gesteuert bzw. geregelt wird.

[0011] Bevorzugt enthält die Steuereinrichtung ferner einen Drehwinkeldetektor zum Detektieren des Drehwinkels des Lenkrads. Die Lenkradrückstell-Korrektureinheit kann einen Korrekturumfang des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erzielen, in Übereinstimmung mit einem Lernwert eines Lenkradwinkelsignals, das von dem Drehwinkeldetektor ausgegeben wird, wodurch der elektrische Motor gesteuert wird.

[0012] Bevorzugt enthält die Steuereinheit ferner einen Lenkdrehmomentdetektor zum Detektieren des Lenkdrehmoments des Lenkrads; und einen Motorstromdetektor zum Detektieren des über den elektrischen Motor fließenden elektrischen Stroms. Die Lenkrad-Rückstell-Korrektureinheit kann eine erste Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments enthalten, und zwar ausgehend von einem Wert, der durch Subtrahieren eines Lenkspindel-drehmomentumgesetzten Motordrehmoments von der Summe der Ausgangsgröße des Lenkdrehmomentdetektors und des anhand einer Ausgangsgröße des Motorstromdetektors berechneten Lenkspindel-drehmomentumgesetzten Motordrehmoments erhalten wird, derart, dass der Wert durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter gefiltert ist. Die Lenkradrückstell-Korrektureinheit kann einen Umfang der Korrektur des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erzielen, und zwar gemäß einem Lernwert eines von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegebenen Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzsinal, wodurch der elektrische Motor gesteuert wird.

[0013] Bevorzugt enthält die Lenkradrückstell-Korrektureinheit eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzungseinheit zum Schätzen eines Seitenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand einer Ausgangsgröße des Lenkdrehmomentdetektors, die durch ein Tiefpassfilter oder Verzögerungsfilter gefiltert ist. Die Lenkradrückstell-Korrektureinheit kann einen Umfang einer Korrektur des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erzielen, in Übereinstimmung mit einem Lernwert eines durch die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegebenen Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment-

schätzsignals, wodurch der elektrische Motor gesteuert wird.

[0014] Bevorzugt enthält die Lenkradrückstell-Korrekturereinheit eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Lenkspindel-drehmomentumgesetzten Motordrehmomentwerts, der anhand einer Ausgangsgröße des Motorstromdetektors berechnet wird, derart, dass der Motordrehmomentwert durch ein Tiefpassfilter oder Verzögerungsfilter gefiltert ist. Die Lenkradrückstell-Korrekturereinheit kann einen Wert einer Korrektur des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erzielen, in Übereinstimmung mit einem Lernwert des von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegebenen Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals, wodurch der elektrische Motor gesteuert wird.

[0015] Bevorzugt enthält die Lenkradrückstell-Korrekturereinheit eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Werts, der ausgehend von einer der Größen ausgewählt aus Lenkspindel-drehmomentumgesetztes Motordrehmoment und Motorträgheitsdrehmoment erhalten wird, berechnet anhand einer der Ausgangsgrößen des Lenkdrehmomentdetektors und des Motorstromdetektors, und der Wert wird nicht durch ein Tiefpassfilter oder Verzögerungsfilter gefiltert. Die Lenkradrückstell-Korrekturereinheit kann einen Umfang der Korrektur des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erzielen, in Übereinstimmung mit einem Lernwert des von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegebenen Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals, wodurch der elektrische Motor gesteuert wird.

[0016] Bevorzugt enthält die Lerneinheit eine Lernbetrieb-Beurteilungseinheit, die eine Erneuerung des Ausgangssignals der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit zulässt, sowie des Ausgangssignals des Lenkdrehmomentdetektors und des Lernwerts des Lenkwinkelsignals, und zwar in dem Fall, in dem die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht geringer als ein vorgegebener Wert ist und wenn jeder der Werte des Ausgangssignals der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit, des Ausgangssignals des Lenkdrehmomentdetektors und des Lenkwinkelsignals nicht größer als ein vorgegebener Wert ist.

[0017] Nun werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nachfolgend unter Bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben; es zeigen:

[0018] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 2 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines in der Steuereinrichtung gemäß der ersten Ausführungsform verwendeten Algorithmus;

[0020] Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0021] Fig. 4 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines in der Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendeten Algorithmus;

[0022] Fig. 5 einen Graphen zum Darstellen der Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignale zum Darstellen der Eigenschaften eines bei der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendeten Lenkradrückstell-Drehmomentkompensators;

[0023] Fig. 6 einen Graphen der Korrekturkoeffizienten

zum Darstellen der Eigenschaften einer Richtungskoeffizienten-Kompensationseinheit, die in der Steuereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird; und

[0024] Fig. 7 einen Graphen der Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignale zum Darstellen der Eigenschaften des in der dritten Figur gemäß der vorliegenden Erfindung verwendeten Lenkrad-Rückstell-Drehmomentkompensators.

[0025] Eine Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend unter Bezug auf die Fig. 1 beschrieben. Gemäß der vorliegenden Erfindung lassen sich die oben beschriebenen Probleme, die im Zusammenhang mit der bekannten Technologie aufgefunden werden, unter Verwendung lediglich von in einem Mikrocomputer installierter Software überwinden. Im Hinblick auf die Hardware lässt sich ein übliches elektrisches Servolenkgerät beschreiben, für das die Beschreibung weggelassen wird.

[0026] Die Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 1 gezeigt, enthält die Steuereinrichtung einen Lenkdrehmomentdetektor 1 zum Detektieren eines Lenkdrehmoments, das durch einen Betreiber auf ein Lenkrad ausgeübt wird, sowie eine Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektor 14 zum Detektieren der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und eine Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2 zum Berechnen des Lenkhilfs-Drehmomentsignals. Die Steuereinrichtung 2 enthält auch eine Lenkrad-Rückstell-Korrekturereinheit 100 zum Ausgeben eines Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignals derart, das ein elektrischer Motor 10 ein Drehmoment entlang einer Richtung erzeugt, entlang der das Lenkrad zu der ursprünglichen oder Zwischenposition zurückgeführt wird, sowie eine Lerneinheit 110 für einen Lernvorgang im Hinblick auf eine Differenz der Werte – gemäß den Richtungen – für die Reibungen in einem Rotor des elektrischen Motors 10 bei dem Fahrzeug und in dem Lenksystem und im Hinblick auf das Lenkradrückstell-Drehmoment, ferner einen Motorgeschwindigkeitsdetektor 5 zum Bestimmen der Drehgeschwindigkeit des elektrischen Motors 10, eine Dämpfungskompensationseinheit 3 zum Berechnen eines Dämpfungskompensationssignals auf der Grundlage des durch den Motorgeschwindigkeitsdetektor 5 bestimmten Motorgeschwindigkeitssignals, einen Motorbeschleunigungsdetektor 6 zum Erzeugen eines Motorbeschleunigungssignals anhand der Ausgangsgröße des Motorgeschwindigkeitsdetektors 5, und eine Trägheitskompensationseinheit 4 zum Berechnen eines Trägheitskompensationssignals auf der Grundlage des Motorbeschleunigungssignals, das von dem Motorbeschleunigungsdetektor 6 ausgegeben wird, und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals, das durch den Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektor 14 ausgegeben wird. Die Steuereinrichtung enthält auch einen Motorstromdetektor 7 zum Berechnen eines Sollstromsignals anhand eines Solldrehmoments, und dieses ist eine durch eine erste Addiereinheit 12 berechnete Summe des Hilfsdrehmomentsignals, des im Hinblick auf die Differenz gemäß den Richtungen korrigierten Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignals, des Dämpfungskompensationssignals und des Trägheitskompensationssignals.

[0027] Die Lenkradrückstell-Korrekturereinheit 100 dient zum Kompensieren der Reibung, die in einem Rotor des elektrischen Motors 10 erzeugt wird, bei dem Fahrzeug und dem Lenksystem. Die Lenkrad-Rückstell-Korrekturereinheit 100 enthält eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101 zum Berechnen eines Drehmoments, das durch die Gegenwirkung einer Straßenoberfläche erzeugt wird, auf der Grundlage eines Lenkwinkelsignals, das durch den Lenkwinkeldetektor 15 ausgege-

ben wird, der den Drehwinkel des Lenkrads anhand einer Zwischenposition hiervon detektiert, sowie des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektor 14 ausgegeben wird, und ferner einen Rückstell-Drehmomentkompensator 103 zum Ausgeben – in Übereinstimmung mit einem berechneten Wert des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments – eines Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignals derart, dass ein Drehmoment des elektrischen Motors 10 erzeugt wird, das die Reibung bei dem Rotor des elektrischen Motors 10 und in dem Fahrzeug und dem Lenksystem so unterbindet bzw. löscht, dass die Differenz den Wert Null annimmt. Die Lenkrad-Rückstell-Korrekturereinheit 100 enthält auch eine Drehrichtungs-Bestimmungseinheit 105 zum Bestimmen der Drehrichtung bei dem Lenkradrückstellvorgang in Übereinstimmung mit der Ausgangsgröße der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101, sowie eine Richtungskoeffizienten-Kompensationseinheit 107 zum Kompensieren der Differenz der Reibung des Rotors des elektrischen Motors 10 und des Fahrzeugs und des Lenksystems, die sich in Übereinstimmung mit der Drehrichtung der Lenkradrückstellung nach rechts oder nach links unterscheiden, in Übereinstimmung mit der Ausgangsgröße der Drehrichtungsbestimmungseinheit 105. Der Korrekturumfang der Lenkrad-Rückstell-Korrekturereinheit 100 wird durch die Ausgangsgröße der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101 gesteuert.

[0028] Die Lerneinheit 110 enthält eine Rechts- und Links-Variationslerneinheit 111 zum Lernen der Unterschiede der berechneten Werte des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments gegenüber dem Nullpunkt (dem Zwischenpunkt zwischen rechts und links) sowie zum Korrigieren des berechneten Werts des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments derart, dass die Variation des berechneten Werts zu dem Wert Null korrigiert wird, und eine Lernbetrieb-Beurteilungseinheit 113 zum Bestimmen, ob die Rechts- und Links-Variationslerneinheit 111 einen Lernvorgang durchführen darf oder nicht. Gemäß der ersten Ausführungsform ermöglicht die Lernbetrieb-Beurteilungseinheit 113 der Rechts- und Links-Variationslerneinheit 111 den Lernvorgang dann, wenn die Lernbetrieb-Beurteilungseinheit 113 anhand der Eingangsgrößen eines Ausgangs A des Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektors 14 und eines Ausgangs B des Lenkdrehmomentdetektors 1 bestimmt, dass ein Zustand, bei dem das Lenkdrehmoment gleich oder weniger als ein vorgegebener Wert ist und die Fahrzeuggeschwindigkeit gleich oder höher als ein vorgegebener Wert ist, während einer vorgegebenen Zeitdauer beibehalten ist, und andernfalls ermöglicht die Lernbetrieb-Beurteilungseinheit 113 der Rechts- und Links-Variationslerneinheit 111 nicht den Lernvorgang.

[0029] Eine Motorantriebseinheit 9 bestimmt die anzulegende Spannung in Übereinstimmung mit der Differenz zwischen einem Ziel- bzw. Sollstromsignal, das von einer zweiten Addiereinheit 13 erhalten wird, und einem Motorstromsignal, das durch einen Motorstromdetektor 11 bestimmt wird, und sie legt die Spannung bei dem elektrischen Motor 10 an. Der elektrische Motor 10 erzeugt ein Hilfsdrehmoment zum Antreiben einer Lenkstruktur gemäß einem Wert, der im wesentlichen proportional zu dem Motorstromwert variiert, der in Übereinstimmung mit der angelegten Spannung variiert. Der Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektor 14 bestimmt die Fahrzeuggeschwindigkeit, und er führt ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal der Lenkdrehmomentsteuereinheit 2 zu, sowie der Dämpfungskompensationseinheit 3, der Trägheitsmoment-Kompensationseinheit 4, der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbe-

stimmungseinheit 101 und dem Rückstelldrehmomentkompensator 103.

[0030] Die Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen des Betriebs der Steuereinrichtung für ein elektrisches Lenkgerät gemäß der ersten Ausführungsform. Ein Algorithmus bis zum Schritt zum Berechnen eines Ziel- bzw. Sollstroms – in Fig. 1 mit einer einfach punktierten Kettenlinie umrandet – unterscheidet sich von demjenigen der übrigen Steuereinrichtungen. Der elektrische Strom kann unter Verwendung eines digitalen oder analog gesteuerten allgemeinen Verfahrens gesteuert bzw. geregelt werden, beispielsweise einem PID (Proportional-, Integrier- und Differenzier-) Stromgegenkopplungs-(F/B)-Regelverfahrens oder einem Steuerverfahren ohne Gegenkopplung auf der Grundlage eines Sollstrom- und Motorgeschwindigkeitssignals. Der Algorithmus bis zur Berechnung des Sollstroms wird nachfolgend beschrieben.

[0031] Bei dem in Fig. 2 gezeigten Schritt S101 wird ein durch den Lenkdrehmomentdetektor 1 bestimmtes Lenkdrehmomentsignal gelesen und in einem Speicher gespeichert. Bei dem Schritt S102 wird ein durch den Motorgeschwindigkeitsdetektor 5 bestimmtes Motorgeschwindigkeitssignal gelesen und in dem Speicher gespeichert. Bei dem Schritt S103 erzeugt der Motorbeschleunigungsdetektor 6 ein Motorbeschleunigungssignal durch Differenzieren des Motorgeschwindigkeitssignals, und das Motorbeschleunigungssignal wird in dem Speicher gespeichert.

[0032] Bei den Schritten S104 und S105 erfolgt ein Betrieb der Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2. Bei dem Schritt S104 führt die Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2 das Lenkdrehmomentsignal einer Phasenkompensationseinheit zu, damit die Frequenzeigenschaft des Lenkdrehmomentsignals verbessert wird. Bei dem Schritt S105 erhält die Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2 ein Lenkhilfsdrehmomentsignal durch eine Abbildungsberechnung des von der Phasenkompensationseinheit übertragenen Lenkdrehmomentsignals, und das Lenkhilfsdrehmomentsignal wird in dem Speicher gespeichert.

[0033] Bei den Schritten S106 bis S110 erfolgt ein Betrieb der Einheiten zum Bilden der Lenkrad-Rückstell-Korrekturereinheit 100. Bei dem Schritt S106 erhält die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101 ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal, und sie speichert dasselbe in dem Speicher. Das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal wird durch eine Abbildungsberechnung (Engl.: map-computing) des Lenkwinkels (Lenkrad-Drehwinkels) erhalten, der durch den Drehwinkeldetektor 15 gemessen wird, sowie der Fahrzeuggeschwindigkeit, unter Verwendung beispielsweise des Produkts des Lenkwinkels und der Fahrzeuggeschwindigkeit als eine Grundlage.

[0034] Bei dem Schritt S107 bestimmt die Lernbetrieb-Beurteilungseinheit 113 in Übereinstimmung mit dem gespeicherten Lenkdrehmomentwert B und dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal A, ob die Rechts- und Links-Variationslerneinheit 111 einen Lernvorgang durchführen darf oder nicht. Wird ein Zustand, bei dem das Lenkdrehmoment nicht größer als ein vorgegebener Wert (von beispielsweise 1 N m entlang jeder Richtung) ist und die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht niedriger als der vorgegebene Wert (von beispielsweise 30 km/h) ist, während einer vorgegebenen Zeit (von beispielsweise 15 sec) beibehalten, so geht der Prozess zu dem Schritt S108 über. In dem Schritt S108 wird für jede vorgegebene Periode (von beispielsweise 15 sec) ein Korrekturwert so berechnet, dass ein Versatz der Variation gegenüber dem Zwischenpunkt erreicht wird, gemäß Durchschnittswerten der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignale oder der Lenkrad-Rückstell-

Hilfsdrehmomentsignale, die in der vorgegebenen Zeit erhalten werden. Wird der Lernvorgang im Hinblick auf den Zwischenpunkt der Straßenoberflächen-Gegenwirkung nicht ausgeführt, so geht der Prozess zu dem Schritt S109 über.

[0035] Bei dem Schritt S109 erhält der Rückstell-drehmomentkompensator 103 ein Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignal anhand einer Abbildungsberechnung des Straßenoberflächen-Reaktions- bzw. Rückwirkungs-drehmomentsignals, und er speichert das erhaltene Signal in dem Speicher. Das Lenkrad-Wiederholungszahl-Hilfsdrehmomentsignal dient zum Vermeiden eines Phänomens, bei dem nicht automatisch eine Rückstellung des Lenkrads bei der Ursprungsposition dann erfolgt, wenn ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment niedriger als das Reibungsdrehmoment in der Lenkstruktur ist. Wie in Fig. 5 gezeigt, wird das Lenkrad-Wiederholungszahl-Hilfsdrehmomentsignal durch Multiplizieren des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals mit einem Proportionalgewinn in einem Bereich im wesentlichen zwischen den Reibungsdrehmomenten der Lenkstruktur entlang beider Richtungen des Lenkrads festgelegt.

[0036] Das in der Lenkstruktur erzeugte Lenkdrehmoment – beispielsweise bedingt durch ein Gestell und ein Ritzel und sich bewegender Teile, die mit dem Fahrzeug und der Lenkstruktur verbunden sind – unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Lenkrichtung des Lenkrads. Mit größer werdendem Reibungsdrehmoment wird die Differenz der Reibung zwischen den Lenkrichtungen (Drehrichtungen) tendenziell größer. Die Kompensation der Reibung, die sich gemäß der Drehrichtung oder Bewegung unterscheidet, ist geeignet festzulegen.

[0037] Bei dem Schritt S110 bestimmt die Drehrichtungsbestimmungseinheit 105 unter Verwendung des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals die Richtung der Drehung oder Bewegung, entlang der Reibung zu kompensieren ist, und sie speichert das Ergebnis der Bestimmung in dem Speicher.

[0038] In dem Schritt S111 berechnet die Richtungskoeffizienten-Kompensationseinheit 107 ein korrigiertes Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignal durch Multiplizieren des Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignals mit einem Korrekturkoeffizienten gemäß der Richtung der Reibung, die zu korrigieren ist, und sie speichert dasselbe in dem Speicher. Der Korrekturkoeffizient wird in einer Weise derart festgelegt, dass beispielsweise dann, wenn die Reibung während dem Lenkvorgang nach rechts um 20% größer als diejenige während dem Lenkvorgang nach links ist, das Lenkradrückstell-Drehmomentsignal für ein Rückstellen ausgehend von dem Zustand mit einem Lenken nach rechts so festgelegt wird, dass es 20% größer als dasjenige für das Rückstellen ausgehend von einem Zustand mit einem Lenkvorgang nach links ist. Die Fig. 6 zeigt ein Beispiel des Korrekturkoeffizienten für das Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignal.

[0039] Bei dem Schritt S112 erhält die Dämpfungskompensationseinheit 3 ein Dämpfungskompensationssignal durch Multiplizieren des Motorgeschwindigkeitssignals mit einem Proportionalgewinn bzw. einer Proportionalverstärkung, und sie speichert dasselbe in dem Speicher. Bei dem Schritt S113 erhält die Trägheitskompensationseinheit 4 ein Trägheitskompensationssignal durch Multiplizieren des Motorbeschleunigungssignals mit einem Proportionalgewinn, und sie speichert dasselbe in dem Speicher.

[0040] Bei dem Schritt S114 erhält die erste Addiereinheit 12 ein Soll-drehmoment durch Summieren des Lenkhilfsdrehmomentsignals, des Lenkradrückstell-Hilfsdrehmomentsignals, des Dämpfungskompensationssignals und des

Trägheitskompensationssignals, und sie speichert das Soll-drehmoment in dem Speicher.

[0041] Bei dem Schritt S115 erhält die Motorstrom-Bestimmungseinheit 107 einen Sollstrom durch Multiplizieren des in dem Schritt S114 erhaltenen Soll-drehmoments mit einer Verstärkung, und sie speichert den Sollstrom in dem Speicher. In diesem Fall ist die Verstärkung gleich dem reziproken Wert des Lenkwellen-drehmomentumgesetzten Werts der Drehmomentkonstante des elektrischen Motors 10.

[0042] Der Steuerparameter jeweils für die Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2, die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Bestimmungseinheit 101, des Rückstell-Drehmomentkompensators 103, der Dämpfungskompensationseinheit 3 und der Trägheitskompensationseinheit 4 variiert in Übereinstimmung mit dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal. Ist das Fahrzeug mit einer Lenkstruktur mit einer starken Dämpfungswirkung versehen oder mit einem Motor mit einem geringen Lenkspindeldrehmomentumgesetzten Trägheitsmoment, so können die Verstärkungen der Dämpfungskompensationseinheit 3 und der Trägheitskompensationseinheit 4 den Wert Null aufweisen. In diesem Fall sind der Motorgeschwindigkeitsdetektor 5, der Motorbeschleunigungsdetektor 6, die Dämpfungssteuereinheit 3 und die Trägheitskompensationseinheit 4 nicht erforderlich.

[0043] Anstelle des Motorgeschwindigkeitsdetektors 5, der bei der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, kann ein Motorgeschwindigkeitssensor wie ein Tachogenerator verwendet werden, oder die Motorgeschwindigkeit kann durch Differenzieren der gepulsten Ausgangsgröße des Drehcodierers (Engl.: rotary coder) bestimmt werden. Die Motorgeschwindigkeit kann ebenso anhand einer gegenelektromotorischen Kraft bestimmt werden, die durch Subtrahieren eines Produkts eines Stromwerts, der bei dem Motor anliegt, und eines Spulenwiderstandswerts von der an dem Motor anliegenden Spannung erhalten wird.

[0044] Obgleich in den Schritten S105, S106, und S107 eine Abbildungsberechnung verwendet wird, kann eine Verstärkungsmultiplikation (Engl.: gain-multiplication) in den Schritten S111, S112 und S113 verwendet werden, und gemäß der ersten Ausführungsform kann entweder die Abbildungsberechnung oder die Verstärkungsmultiplikation in irgendeinem dieser Schritte verwendet werden.

[0045] Anstelle der Schritte S109 und S111 kann eine Abbildung bei einem Schritt gebildet werden, durch Kombination des Lenkrad-Wiederherstell-Hilfsdrehmomentsignals und desjenigen, das gemäß der Differenz der Richtung korrigiert wird, indem es mit dem Korrekturkoeffizient multipliziert wird.

[0046] Ein Lenkrad erzielt allgemein automatisch eine Rückstellung zu der Zwischenposition durch das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment bei Freigabe des Lenkrads nach dem Lenkvorgang, wodurch der Lenkaufwand reduziert ist. Ein elektrisches Servolenkgerät weist einen geringen Rückstellleistungsumfang des Lenkrads aufgrund des Reibungsdrehmoments in dem elektrischen Motor 10 und in den Übersetzungen auf. Wird ein Solllenkdrehmoment demnach gemäß dem Lenkdrehmomentsignal festgelegt und gibt der Fahrzeugführer das Lenkrad nach dem Lenkvorgang frei, so lässt sich das Lenkrad-Rückkehrdrehmoment nicht erzeugen, das das Lenkdrehmomentsignal zu dem Wert Null reduziert ist. Wird das Solllenkdrehmoment gemäß einem Motordrehsignal zusätzlich zu dem Lenkdrehmomentsignal festgelegt, so lässt sich das Drehmoment entlang der Richtung der Rückstellung des Lenkrads dann nicht erzeugen, wenn der elektrische Motor 10 die Drehung stoppt.

[0047] Im Gegensatz hierzu kann mit der Anordnung, bei der das Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal in Ansprechen auf das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal berechnet wird, gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, aufgrund der Tatsache, dass die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101 das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment bestimmen kann, das im wesentlichen proportional zu dem Drehwinkel des Lenkrads ist, der elektrische Motor 10 das Drehmoment entlang der Richtung der Rückstellung des Lenkrads selbst dann erzeugen, wenn das Lenkrad freigegeben ist, wodurch das Lenkrad die Zwischenposition mit demselben Rückstellempfinden bei der Rückstellung von der rechten Seite und der Rückstellung von der linken Seite wiederherstellen kann.

[0048] Gemäß der ersten Ausführungsform wird dann, wenn der Fahrzeugführer einen Lenkvorgang bei einem Halten des Lenkrads durchführt, das Lenkhilfs-Drehmomentsignal in Ansprechen auf das Lenkdrehmomentsignal zum Unterstützen des Lenkvorgangs erzeugt, und wenn der Fahrzeugführer das Lenkrad rückstellt bzw. wiederherstellt, kann das Lenk-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal so erzeugt werden, dass das Drehmoment in geeignetem Umfang zum Unterbinden der Reibung bei den jeweiligen Drehrichtungen des Lenkrads erzeugt wird, wobei die Reibung ein Rückstellen des Lenkrads zu der Ursprungsposition (der Zwischenposition) vermeidet. Demnach wird ein üblicher Steueralgorithmus dann verwendet, wenn der Fahrzeugführer das Lenkrad hält, und ein zusätzlicher Steueralgorithmus, bei dem ein Rückstellen des Lenkrads zu der ursprünglichen Position bei einer Freigabe desselben bewirkt, wird dann verwendet, wenn das Lenkrad freigegeben ist, wodurch das Drehmoment entlang der Richtung der Rückstellung des Lenkrads bei Freigabe desselben erzeugt wird, und das Lenkrad lässt sich ohne ein unterschiedliches Empfinden ausgehend von rechts und ausgehend von links rückstellen.

[0049] Die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht einen Vorteil dahingehend, dass ein automatischer Versatz im Hinblick auf die Differenz der Lenkrad-Rückstelleigenschaften ausgehend von der rechten und von der linken Seite ermöglicht wird, durch einen Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Rückstellkräfte und der Reibungswerte zwischen der Drehungs- und der Bewegungsrichtungen, sowie durch ein Angleichen – als ein Ergebnis des Lernvorgangs – der Rückstellkräfte und der Reibungen geeignet für die jeweiligen Dreh- und Bewegungsrichtungen für das Rückstellende Lenkrads.

[0050] Gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung misst die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101 das durch die gelenkten Vorderräder erzeugte Drehmoment, d. h., das Drehmoment um die Achsschenkelbolzen der Vorderräder zum Rückstellen des Lenkrads zu der Ursprungsposition (eine Kraft, die zwischen den Rädern und der Seitenoberfläche erzeugt wird), durch eine nicht kontaktierende Spannungsmesseinheit wie einem magnetostruktiven Drehmomentsensor. Mit Ausnahme dieser Tatsache ist die Konfiguration der Steuereinrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform dieselbe wie diejenige der speichert gemäß der ersten Ausführungsform.

[0051] Der Betrieb der Steuereinrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform ist derselbe wie derjenige, der im Zusammenhang mit dem in Fig. 2 gezeigten Flussdiagramm beschrieben ist, mit Ausnahme des Schritt S107, bei dem gemäß der zweiten Ausführungsform die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101 – als Spannungsmesseinheit oder dergleichen – das Drehmoment

misst, das durch die gelenkten Vorderräder erzeugt wird, wodurch ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal gebildet wird, und es wird in einem Speicher gespeichert.

[0052] Die Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0053] Gemäß der dritten Ausführungsform enthält eine Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit 100a anstelle der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit 101, die bei der ersten Ausführungsform verwendet wird, eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a zum Bestimmen des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments zum Wiederherstellen bzw. Rückstellen der gelenkten Vorderräder zu der Originalposition durch Verwendung des Lenkdrehmomentsignals, das von dem Lenkdrehmomentdetektor 1 ausgegeben wird, des Motorbeschleunigungssignals, das von dem Motorgeschwindigkeitsdetektor 6 ausgegeben wird, und des Motorstromwerts, der von dem Motorstromdetektor 11 ausgegeben wird. Mit Ausnahme dieser Tatsache ist die Konfiguration dieselbe wie diejenige, die für die erste Ausführungsform beschrieben wurde. Der Betrieb der Steuereinrichtung gemäß der dritten Ausführungsform wird nachfolgend unter Bezug auf das in Fig. 4 gezeigte Flussdiagramm beschrieben.

[0054] Die Steuereinrichtung der dritten Ausführungsform unterscheidet sich auch gegenüber der in üblichen Steuereinrichtungen im Zusammenhang mit dem Algorithmus bis zu der Berechnung eines Sollstroms. Der elektrische Strom lässt sich unter Verwendung eines digitalen oder analogen allgemeinen Regelverfahrens regeln, beispielsweise einem PID-Typ-Stromgegenkopplungs-(F/B)-Regelverfahrens oder eines Steuerverfahrens ohne Gegenkopplung. Demnach wird der Algorithmus bis zu der Berechnung des Sollstroms nachfolgend beschrieben.

[0055] Bei dem Schritt S201 wird ein durch den Lenkdrehmomentdetektor 1 bestimmtes Lenkdrehmoment gelesen und in einem Speicher gespeichert. Bei dem Schritt S202 wird ein durch den Motorgeschwindigkeitsdetektor 5 bestimmtes Motorbeschleunigungssignal gelesen und in dem Speicher gespeichert. Bei dem Schritt S203 erzielt der Motorbeschleunigungsdetektor 6 ein Motorbeschleunigungssignal durch Differenzieren des durch den Motorgeschwindigkeitsdetektor 5 bestimmten Motorbeschleunigungssignals, und er speichert dasselbe in dem Speicher. Bei dem Schritt S204 wird ein Motorstromsignal gelesen und in dem Speicher gespeichert.

[0056] In den Schritten S205 bis S208 erfolgt ein Betrieb der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a. In dem Schritt S205 erfolgt eine Bestimmung dahingehend, ob ein Absolutwert des Lenkdrehmomentsignals gleich oder größer als ein Schwellwert ist oder nicht. Der Schwellwert wird vorab näherungsweise zu der Summe eines zum Halten des Lenkrads in einer Vorwärtsbewegungsposition erforderlichen Drehmoments und des durch den Lenkdrehmomentdetektor 1 gemessenen Versatzwertes festgelegt. Der derart festgelegte Schwellwert wird in einem ROM gespeichert.

[0057] In den Schritten S206 und S207 erfolgt die folgenden Bereich, wodurch ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal erhalten wird. Wird ein Absolutwert des Lenkdrehmomentsignals gleich zu oder größer als der in dem Schritt S205 festgelegte Schwellwert bestimmt, so geht der Prozess zu dem Schritt S207 über. Wird der Absolutwert so bestimmt, dass er kleiner als der Schwellwert ist, so geht der Prozess zu dem Schritt S206 über. In dem Schritt S206 wird ein Drehmomentlenksignal Tsens, das für

die Berechnung in der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a zu verwenden ist, durch den Wert Null ersetzt, und der Prozess schreitet zu dem Schritt S207 fort.

[0058] In dem Schritt S207 wird ein statisches Gegenwirkungssignal T_{rea_est} anhand der folgenden Gleichung (1) erhalten.

$$T_{rea_est} = T_{sens} + K_t \cdot I_{mtr} - J \cdot x \cdot d\omega \quad (1)$$

$d\omega$ bezeichnet ein Motorbeschleunigungssignal (Lenkachsen-Drehgeschwindigkeitsbeschleunigung), I_{mtr} bezeichnet ein Motorstromsignal, K_t bezeichnet eine Lenkspindel-Drehmomentumgesetzte Drehmomentkonstante des Motors, und J bezeichnet ein Trägheitsmoment der Lenkstruktur.

[0059] In dem Schritt S208 wird ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal T_{rea_est} durch eine primäre Filterberechnung gemäß der folgenden Gleichung (2) erhalten.

$$dT_{rea_est}/dt = -T_{rea_est}/T_1 + T_{rea_est}/T_1 \quad (2)$$

T_1 bezeichnet eine Zeitkonstante des Primärfilters, die so festgelegt ist, dass sie den Ausdruck $fc = 1/(2\pi \times T_1)$ erfüllt. In dem Ausdruck liegt eine Eckfrequenz fc in dem Bereich zwischen 0.05 und 1.0 Hz.

[0060] In den Schritten S209 und S210 erfolgt ein Betrieb der Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2. In dem Schritt S209 erfolgt eine Phasenkompensation zum Verbessern des Frequenzeigenschaften des Lenkdrehmomentsignals durch Übertragung über eine Phasenkompensationseinheit. In dem Schritt S210 erhält die Lenkdrehmoment-Steuereinheit 2 das Lenkhilfs-Drehmomentsignal durch eine Abbildungsbeziehung des über die Phasenkompensationseinheit übertragene Lenkdrehmomentsignal, und sie speichert das Lenkhilfsdrehmomentsignal in dem Speicher.

[0061] In den Schritten S211 bis S214 erfolgt ein Betrieb der Lenkrad-Rückstell-Korrektureinheit 100a. In dem Schritt S211 speichert die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 100a den Umfang und die Richtung des berechneten Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals T_{rea_est} in dem Speicher. Der Wert des berechneten Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals T_{rea} ist in dem in Fig. 5 gezeigten Graphen dargestellt.

[0062] In dem Schritt S212 erfolgt eine Bestimmung in Übereinstimmung mit einem gespeicherten Lenkdrehmomentwert B und einem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal A dahingehend, ob der Lernvorgang im Hinblick auf den Zwischenpunkt der Straßenoberflächen-Gegenwirkungen durchgeführt wird oder nicht. In einem Zustand, in dem das Lenkdrehmoment nicht größer als ein vorgegebener Wert (beispielsweise 1 N-m nach rechts oder nach links) ist und die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht kleiner als ein vorgegebener Wert (beispielsweise 30 km/h) ist, und dieser während einer vorgegebenen Periode (beispielsweise 15 Sekunden) beibehalten wird, geht der Prozess zu dem Schritt S213 über. In dem Schritt S213 wird ein Korrekturwert jeweils bei 15 Sekunden für einen Versatz der Variation berechnet, ausgehend von dem Zwischenpunkt, gemäß Durchschnittswerten der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignale oder der Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignale, die während 15 Sekunden erhalten werden. Wird der Lernvorgang für den Zwischenpunkt der Seitenoberflächen-Gegenwirkungen nicht durchgeführt, so geht der Prozess zu dem Schritt S214 über.

[0063] In dem Schritt S214 erhält der Rückstell-Drehmo-

mentkompensator 103 ein Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal anhand einer Abbildungsberechnung des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals

T_{rea_est} , und er speichert das Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal in dem Speicher.

[0064] Das in der Lenkstruktur erzeugte Reibungsdrehmoment unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Lenkrichtung des Lenkrads. Mit größer werdendem Reibungsdrehmoment wird die Differenz der Reibung zwischen den Lenkrichtungen (den Drehrichtungen) tendenziell größer. Die Kompensation im Hinblick auf die Reibung, die sich gemäß der Dreh- oder Bewegungsrichtung unterscheidet, ist geeignet festzulegen.

[0065] In dem Schritt S215 bestimmt die Drehrichtungs-Bestimmungseinheit 105 die Drehrichtung oder Bewegungsrichtung für die Reibung, für die eine Kompensation durchzuführen ist, in Übereinstimmung mit dem Umfang und der Richtung des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals T_{rea_est} , und sie speichert das Bestimmungsergebnis in dem Speicher. In dem Schritt S216 berechnet die Richtungskoeffizienten-Kompensationseinheit 107 ein richtungskorrigiertes Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal, das gemäß der Richtung korrigiert ist, und zwar durch Multiplizieren des Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignals mit einem Korrekturkoeffizienten, und sie speichert das richtungskorrigierte Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal in dem Speicher.

[0066] In dem Schritt S217 erzielt die Dämpfungskompensationseinheit 3 ein Dämpfungskompensationssignal durch Multiplizieren des Motorgeschwindigkeitssignals mit einer Proportionalverstärkung, und sie speichert das Dämpfungskompensationssignal in dem Speicher. In dem Schritt S218 erzielt die Trägheitskompensationseinheit 4 ein Trägheitskompensationssignal durch Multiplizieren des Motorbeschleunigungssignals mit einer Proportionalverstärkung, und sie speichert das Trägheitskompensationssignal in dem Speicher.

[0067] In dem Schritt S219 erzielt die erste Addiereinheit ein Solldrehmoment durch Summieren des Lenkhilfs-Drehmomentsignals, des Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignals, des Dämpfungskompensationssignals und des Trägheitskompensationssignals, und sie speichert das Solldrehmoment in dem Speicher.

[0068] In dem Schritt S220 erzielt die Motorstrom-Bestimmungseinheit 7 einen Sollstrom durch Multiplizieren des Solldrehmoments, das in dem Schritt S219 erhalten wird, mit einer Verstärkung, und sie speichert den Sollstrom in dem Speicher. Die Verstärkung gleicht dem reziproken Wert der Lenkspindeldrehmomentumgesetzten Drehmomentkonstante des elektrischen Motors 10.

[0069] Die Prozessschritte der Schritte S201 bis S220 werden wiederholt.

[0070] Gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung schreitet dann, wenn ein Absolutwert des Lenkdrehmomentsignals so bestimmt wird, dass es gleich zu oder größer als ein Schwellwert ist, der Prozess zu dem Schritt S207 fort. Wird der Absolutwert so bestimmt, dass er kleiner als der Schwellwert ist, so schreitet der Prozess zu dem Schritt S206 fort, indem das Lenkdrehmomentsignal T_{sens} , das bei einer Berechnung in der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a verwendet wird, durch den Wert Null ersetzt, und der Prozess schreitet zu dem Schritt S207 fort. In diesem Fall zeigt der in Fig. 7 dargestellte Graph das Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmoment, das berechnet wird, und zwar gemäß der Beziehung zwischen dem Lenkdrehmomentsignal, das bei der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a eingegeben wird, und dem Lenkdrehmomentsignal, das bei der

Berechnung durch die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a verwendet wird. Obgleich eine Unstetigkeit bei der Linie des Lenkrad-Rückstell-drehmoments existiert, die in dem in Fig. 7 gezeigten Graph gezeigt ist, lässt sich das Lenkrad-Rückstell-drehmoment so festlegen, dass die zugeordnete Linie stetig ist, wie bei dem in Fig. 5 gezeigten Graphen dargestellt. In diesem Fall wird dann, wenn der Absolutwert des Lenkdrehmomentsignals so bestimmt wird, dass er gleich zu oder größer als der Schwellwert in dem Schritt S205 ist, der Schwellwert von dem Lenkdrehmomentsignal subtrahiert, und der Prozess schreitet zu dem Schritt S1207 fort.

[0071] Bei der dritten Ausführungsform variiert in derselben Weise wie bei der ersten und zweiten Ausführungsform der Steuerparameter für jeweils die Drehmomentsteuereinheit 2, die Rückstell-drehmoment-Kompensationseinheit 103, die Dämpfungskompensationseinheit 3 und die Trägheitskompensationseinheit 4 in Übereinstimmung mit der Ausgangsgröße von dem Fahrzeuggeschwindigkeitsdetektor 14. Ist das Fahrzeug mit einer Lenkstruktur mit einer starken Dämpfungswirkung versehen oder mit einem Motor mit einem geringen Lenkspindel-drehmomentumgesetzten Trägheitsmoment, so können die Verstärkungen der Dämpfungskompensationseinheit 3 und der Trägheitskompensationseinheit 4 den Wert Null aufweisen. In diesem Fall sind der Motorgeschwindigkeitsdetektor 5, der Motorbeschleunigungsdetektor 6, die Dämpfungssteuereinheit 3 und die Trägheitskompensationseinheit 4 nicht erforderlich.

[0072] Gemäß dem Ausdruck (1) kann dann, wenn das Trägheitsmoment J der Lenkstruktur gering ist, der Wert von J den Wert Null aufweisen.

[0073] Gemäß dem Ausdruck (1) kann das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment zum Wiederherstellen des Lenkrads wirksam lediglich mit dem Lenkdrehmomentsignal T_{sens} und ohne den Motorbeschleunigungssignal $d\omega$ (Lenkspindel-Drehbeschleunigung) und dem Motorstromsignal I_{mr} berechnet werden, wodurch die Berechnung vereinfacht ist und wodurch die Software auf einem Mikrocomputer mit einer kleinen Kapazität wirksam verwendet werden kann.

[0074] Bei dem Ausdruck (1) kann das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment zum Rückstellen des Lenkrads wirksam berechnet werden, und zwar lediglich mit dem Motorstromsignal I_{mr} und ohne dem Motorbeschleunigungssignal $d\omega$ (Lenkachsen-Drehbeschleunigung), und das Lenkdrehmomentsignal T_{sens} lässt sich mit derselben Wirkung wie beispielsweise bei einer hydraulischen Gegenwirkungsstruktur einer hydraulischen Servolenkung antizipieren, wodurch die Berechnung vereinfacht ist und wodurch die Software bei einem Mikrocomputer mit einer geringen Kapazität wirksam verwendet werden kann.

[0075] In dem Schritt S208 wird das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal T_{rea_est} anhand einer primären Filterberechnung unter Verwendung des Ausdrucks (2) erhalten, und das erhaltene Signal wird in dem Speicher gespeichert, so dass das Lenkrad-Rückstell-Drehmoment während einer vorgegebenen Zeit zum Rückstellen des Lenkrads in zuverlässiger Weise bei Freigabe des Lenkrads beibehalten wird. Da jedoch eine Wirkung des Lenkrad-Rückstell-drehmoments, das nach dem Start der Freigabe des Lenkrads solange wirkt, bis dasselbe vollständig freigegeben ist antizipiert werden kann, kann die Primärfilterberechnung gemäß dem Ausdruck (2) nach Schritt S208 weggelassen werden, wodurch die Berechnung vereinfacht ist, und wodurch die Software bei einem Mikrocomputer mit einer geringen Kapazität wirksam verwendet werden kann.

[0076] Obgleich gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen der Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz des Lenkrad-Rückstellleistungsumfangs zwischen den Richtungen, ausgehend von rechts und ausgehend von links, durchgeführt wird, indem direkt der Versatz des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals gelernt wird, lässt sich derselbe Effekt durch einen Lernvorgang antizipieren, der die Variation – ausgehend von dem Zwischenpunkt – der Durchschnittswerte der Lenkdrehmomentsignale oder der Lenkwinkelsignale betrifft die grundlegende Faktoren bei der Berechnung des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments darstellen.

[0077] Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen wird der Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz des Lenkrad-Rückstellleistungsumfangs zwischen den Richtungen, ausgehend von rechts und ausgehend von links, bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit durchgeführt (erneuert), die gleich zu oder höher als ein vorgegebener Wert ist, sowie mit einem Lenkdrehmomentsignal gleich zu oder kleiner als ein vorgegebener Wert. Jedoch lässt sich dieselbe Wirkung ebenso durch Verwendung des Lenkwinkelsignals anstelle des Lenkdrehmomentsignals antizipieren.

[0078] Als Motorgeschwindigkeitsdetektor 5, der bei der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, kann ein Motorgeschwindigkeitssensor wie ein Tachogenerator verwendet werden, oder die Motorgeschwindigkeit lässt sich durch Differenzieren der gepulsten Ausgangsgröße eines Drehcodierers bestimmen, in derselben Weise wie bei der ersten Ausführungsform. Die Motorgeschwindigkeit kann ebenso durch eine gegenelektromotorische Kraft bestimmt werden, die durch Subtrahieren eines Produkts eines Stromwerts – der bei dem Motor anliegt – und eines Spulenwiderstandswerts von der an dem Motor anliegenden Spannung erhalten wird.

[0079] Obgleich in den Schritten S210 und S211 eine Abbildungsberechnung verwendet wird, kann in den Schritten S214 und S216 eine Verstärkung bzw. Gewinnmultiplikation verwendet werden, und gemäß der dritten Ausführungsform kann entweder die Abbildungsberechnung oder die Verstärkungsmultiplikation in jedem dieser Schritte verwendet werden.

[0080] Allgemein ist eine Straße mit Überhöhungen (geneigten Oberfläche) versehen, die sich von der Mitte zu den Schultern der Straße so absenken, dass Regenwasser zu den Schultern fließt. Demnach muss das Lenkrad mit einem geringen Drehmoment gegen die Abweichung durch die Überhöhungen so gehalten werden, dass sich das Fahrzeug geradeaus fortbewegt. Der Lenkdrehmomentdetektor 1 zum Bestimmen des Lenkdrehmoments erfährt aufgrund der Driften der Spannung und dergleichen oft einen geringfügigen Versatz. Demnach besteht dann, wenn das bestimmte Lenkdrehmomentsignal – so, wie es ist – verwendet wird, und wenn die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit 101a das Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal auf der Grundlage des detektierten Werts des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments berechnet, ein Risiko dahingehend, dass der Fahrzeugführer ein nicht erforderliches Drehmoment empfindet, während er sich geradeaus fortbewegt, da der detektierte Wert des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments selbst dann nicht den Wert Null annimmt, wenn sich das Fahrzeug gerade bewegt. Obgleich sich das Risiko wirksam durch den Lernvorgang gemäß der vorliegenden Erfindung reduzieren lässt, lässt sich das nicht erforderliche Drehmoment nicht vollständig in der Mitte des Lernvorgangs unterdrücken. Demnach ist es erforderlich, ein geeignetes Totband bereitzustellen, in dem das Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignal nicht gesteuert bzw. geregelt wird.

[0081] Gemäß der dritten Ausführungsform wird dann,

wenn ein Absolutwert des Lenkdrehmomentsignals so bestimmt wird, dass es kleiner als ein Schwellwert ist, das Lenkdrehmomentsignal T_{sens} , das bei der Berechnung in der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment-schätzeinheit 101a verwendet wird, durch den Wert Null ersetzt, und das statische Gegenwirkungssignal T_{rea_est} wird durch den Ausdruck (1) berechnet, und der Schwellwert wird näherungsweise zu einer Summe des Drehmoments, das zum Halten des Lenkrads in einer Position für eine Geradeausbewegung erforderlich ist, und des Versatzwerts, der durch den Lenkdrehmomentdetektor 1 gemessen wird, festgelegt, wodurch das oben beschriebene Totband bzw. die Tote Zone bzw. der Unempfindlichkeitsbereich geeignet bereitgestellt wird.

[0082] Obgleich gemäß der dritten Ausführungsform ein Unempfindlichkeitsbereich der Regelung unter Verwendung eines Absolutwerts des Lenkdrehmomentsignals kleiner als ein Schwellwert bereitgestellt wird, lässt sich ein Unempfindlichkeitsbereich anstelle hiervon für das berechnete statische Gegenwirkungssignal T_{rea_est} oder für das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignal T_{rea_est} bereitstellen, wodurch der Unempfindlichkeitsbereich durch geeignetes Steuern des Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmomentsignals bereitgestellt wird.

[0083] Die Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät gemäß der vorliegenden Erfindung enthält einen elektrischen Motor, der in einer Lenkdrehmoment-Übertragungsstruktur zwischen einem Lenkrad und Fahrzeugrädern bereitgestellt ist, zum Erzeugen eines Drehmoments zum Unterstützen des Lenkdrehmoments, das durch den Fahrzeugführer erzeugt wird, eine Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit zum Regeln des elektrischen Motors für eine Kompensation der Reibung, die in einem Rotor des elektrischen Motors erzeugt wird, und bei dem Fahrzeug und dem Lenksystem, sowie ferner zum Korrigieren eines Lenkrad-Rückstellmomentwerts, und eine Lerneinheit für einen Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Werte gemäß der Richtung der Reibung in dem Rotor des elektrischen Motors und dem Fahrzeug und dem Lenksystem und dem Lenkrad-Rückstellmoment. Der Umfang der Korrektur der Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit für die Differenz gemäß der Richtung der Drehung oder Bewegung wird auf einen optimalen Wert gemäß einer Ausgangsgröße der Lerneinheit festgelegt, wodurch die Differenz der Rückstellcharakteristik des Lenkrads ausgehend von rechts und ausgehend von links gelöscht wird. Wird das Lenkrad zu der Ursprungsposition bei Freigabe nach einer Drehung des Lenkrads durch den Fahrzeugführer rückgeführt, so gibt der elektrische Motor ein Drehmoment in der Richtung des Lenkrads für die Rückkehr zu der Ursprungsposition aus, das geeignet im Hinblick auf das Ungleichgewicht aufgrund der Differenz der Reibung gemäß der Richtung der Drehung oder Bewegung korrigiert ist, wodurch das Lenkrad zu der Zwischenposition ohne unausgeglichene Rückkehrcharakteristiken in Abhängigkeit von der Rückführrichtung rückgeführt werden kann. Weiterhin erfolgt ein Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Rückstellkräfte und Reibung gemäß der Richtung der Drehung oder Bewegung, und die Rückstellkräfte und die Reibung unterscheiden sich gemäß der Rückführ-, Dreh- oder Bewegungsrichtung des Lenkrads, und sie werden geeignet gemäß dem Ergebnis des Lernvorgangs angeglichen, wodurch automatisch die Differenz der Lenkrad-Rückstelleigenschaften, ausgehend von rechts und ausgehend von links, unterdrückt werden.

[0084] Die Lenkrad-Rückstell-Korrektureinheit ist mit der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit versehen, zum Bestimmen des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments, das die Reifen von

der Seitenoberfläche aufnehmen, und sie erzielt den Umfang der Korrektur des Rückstellmoments des Lenkrads in Übereinstimmung mit dem gelernten Wert der Ausgangsgröße von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit, und sie steuert den elektrischen Motor, wodurch eine Unausgeglichenheit der Reibung zwischen den Richtungen der Rückführung (Drehung) des Lenkrads angeglichen wird, wodurch die Differenz der Rückstelleigenschaften des Lenkrads ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt wird. Bei Freigabe des Lenkrads kann der elektrische Motor ein Drehmoment entlang einer Richtung zum Rückstellen des Lenkrads ausgeben, und das Lenkrad lässt sich zu der Zwischenposition ohne unausgeglichene Rückstelleigenschaften aufgrund der Differenz der Rückführrichtung zurückführen. Weiterhin kann durch den Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Rückstellkräfte und der Reibung gemäß den Richtungen der Drehung oder Bewegung des Lenkrads die Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte oder der Reibung aufgrund der Reibung oder gemäß der Richtung geeignet angeglichen werden, wodurch automatisch die Differenz der Rückstelleigenschaften des Lenkrads ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt wird.

[0085] Die Steuereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist mit einem Lenkwinkeldetektor versehen, zum Bestimmen des Drehwinkels des Lenkrads, und sie erzielt den Korrekturumfang der Rückstellung des Lenkrads in Übereinstimmung mit dem gelernten Wert des Lenkrad-Drehwinkelsignals, das von dem Lenkwinkeldetektor ausgegeben wird, und sie steuert den elektrischen Motor, wodurch die Unausgeglichenheit der Reibung zwischen den Richtungen der Rückstellung (der Drehung) des Lenkrads angeglichen wird, und wodurch die Differenz der Rückstelleigenschaften des Lenkrads ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt wird. Bei Freigabe des Lenkrads kann der elektrische Motor ein Drehmoment entlang einer Richtung zum Rückstellen des Lenkrads ausgeben, und das Lenkrad lässt sich bei der Zwischenposition ohne unausgeglichene Rückstelleigenschaften aufgrund der Differenz der Rückführrichtung wiederherstellen. Weiterhin kann durch den Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Rückstellkräfte und der Reibung gemäß den Richtungen der Drehung oder Bewegung des Lenkrads die Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte oder der Reibung aufgrund der Differenz gemäß der Richtung geeignet angeglichen werden, wodurch automatisch die Differenz der Rückstelleigenschaften des Lenkrads, ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt wird.

[0086] Die Steuereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung enthält ferner den Lenkdrehmomentdetektor zum Bestimmen des Lenkdrehmoments des Lenkrads, und den Motorstromdetektor zum Bestimmen des Stroms in dem elektrischen Motor. Die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit enthält die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment-schätzeinheit zum Schätzen des Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Werts, der durch Subtrahieren des Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motorträgheitsdrehmoments von der Summe der Ausgangsgröße des Lenkdrehmomentdetektors und des anhand der Ausgangsgröße des Motorstromdetektors berechneten Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motordrehmoments erhalten wird, bei Filterung des Werts durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter. Die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit erzielt den Umfang der Korrektur für die Lenkradrückstellung auf der Grundlage des gelernten Werts eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoment-schätzeinheit ausgegeben wird, und sie steuert bzw. re-

gelt den elektrischen Motor. Demnach sind eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit und eine zugeordnete Verdrahtung nicht erforderlich, wodurch sich die Herstellungskosten der Steuereinrichtung für ein elektronisches Servolenkgerät reduzieren lassen. Führt der Fahrer bei Halten des Lenkrads, so wird ein Lenkhilfs-Drehmoment zum Unterstützen der Lenkung in Ansprechen auf das Lenkdrehmomentsignal erzeugt. Gibt der Fahrer das Lenkrad frei, so wird ein Lenkrad-Rückstell-Hilfsdrehmoment zum Rückstellen des Lenkrads zu der Ursprungsposition erzeugt. Hält der Fahrer das Lenkrad, so wird ein üblicher Algorithmus verwendet. Es wird ein neuer Steuer- bzw. Regelalgorithmus bereitgestellt, zum Wiederherstellen des Lenkrads bei der Ursprungsposition, während das Lenkrad freigegeben ist, bei dem ein Korrekturstromwert entlang der Drehrichtung des Lenkrads oder des elektrischen Motors zu dem Motorsteuerstromwert addiert wird, und ein Umfang zum Angleichen der Unausgeglichenheit der Reibung aufgrund der Differenz der Rückstellrichtung (Drehung) wird zu dem Korrekturwert addiert, wodurch der elektrische Motor ein Drehmoment entlang der Richtung der Lenkradrückstellung erzeugen kann, und das Lenkrad lässt sich zu der Zwischenposition ohne Unausgeglichenheit der Rückstelleigenschaften aufgrund der Differenz der Richtungen wiederherstellen. Die Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte oder der Reibung aufgrund der Differenz gemäß der Richtung lässt sich geeignet angleichen, wodurch automatisch die Differenz der Rückstelleigenschaften des Lenkrads ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt wird.

[0087] Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit enthält die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand einer Ausgangsgröße des Lenkdrehmomentdetektors, und die Ausgangsgröße wird durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter gefiltert. Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit erzielt einen Umfang der Korrektur für die Lenkradrückstellung gemäß dem Lernwert für ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzsignal, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegeben wird, und sie steuert den elektrischen Motor, wodurch die Unausgeglichenheit der Reibung aufgrund der Differenz gemäß den Richtungen der Drehung oder der Bewegung des Lenkrads und eines Lenksystems angeglichen wird, und wodurch sich die Berechnung vereinfachen lässt, und es kann Software auf einem Mikrocomputer mit geringer Kapazität verwendet werden. Es erfolgt ein Lernvorgang für die Differenz der Rückstellkräfte und der Reibung gemäß den Richtungen der Drehung oder Bewegung, und durch Verwendung des Ergebnisses des Lernvorgangs lässt sich die Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte und der Reibung, die sich in Übereinstimmung mit den Richtungen der Lenkradrückstellung (Drehung oder Bewegung) unterscheiden, auf einen geeigneten Wert in Übereinstimmung mit den Richtungen korrigieren, wodurch automatisch der Unterschied der Lenkrad-Rückstelleigenschaften, ausgehend von rechts und ausgehend von links, unterdrückt wird.

[0088] Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit enthält die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments ausgehend von einem Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motordrehmoment, das anhand der Ausgangsgröße der Motorstromdetektors berechnet wird, und das Motordrehmoment unterliegt einer Filterung durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter. Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit erzielt einen Umfang der Korrektur für die Lenkradrückstellung gemäß dem Lernwert für

das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzsignal, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegeben wird, und sie steuert den elektrischen Motor, wodurch die Unausgeglichenheit der Reibung aufgrund der Differenz gemäß den Richtungen der Drehung oder Bewegung des Lenkrads und des Lenksystems korrigiert wird. Demnach lässt sich die Berechnung vereinfachen, und es kann Software bei einem Mikrocomputer mit geringer Kapazität verwendet werden. Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit bewirkt einen Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Rückstellkräfte und der Reibung gemäß den Richtungen der Drehung oder Bewegung, und durch Verwendung des Ergebnisses des Lernvorgangs hervorgerufenen Korrektur der Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte und der Reibung, die sich in Übereinstimmung mit den Richtungen der Lenkradrückstellung (Drehung oder Bewegung) unterscheiden, und zwar auf einen geeigneten Wert in Übereinstimmung mit den Richtungen, wodurch automatisch die Differenz der Lenkrad-Rückstelleigenschaften ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt werden.

[0089] Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit enthält die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motordrehmoments, das anhand der Ausgangsgröße des Motorgeschwindigkeitsdetektors berechnet wird, und das Motorgeschwindigkeitsdetektor wird durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter gefiltert. Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit erzielt einen Umfang der Korrektur für die Lenkradrückstellung gemäß dem Lernwert für das Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzsignal, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit ausgegeben wird, und sie steuert den elektrischen Motor, wodurch die Unausgeglichenheit der Reibung aufgrund der Differenz der Richtungen der Drehung oder Bewegung des Lenkrads und des Lenksystems korrigiert wird. Demnach lässt sich die Berechnung vereinfachen, und Software kann bei einem Mikrocomputer mit geringer Kapazität verwendet werden. Die Lenkrad-Rückstellkorrekturereinheit bewirkt einen Lernvorgang im Hinblick auf die Differenz der Rückstellkräfte und der Reibung gemäß den Richtungen der Drehung oder Bewegung, und durch Verwendung des Ergebnisses des Lernvorgangs erfolgt eine Korrektur der Unausgeglichenheit der Rückstellkräfte und der Reibung, die sich in Abhängigkeit von den Richtungen der Lenkradrückstellung (Drehung oder Bewegung) unterscheiden, auf einen geeigneten Wert in Übereinstimmung mit den Richtungen, wodurch automatisch die Differenz der Lenkrad-Rückstelleigenschaften ausgehend von rechts und ausgehend von links unterdrückt werden.

[0090] Die Lerneinheit enthält die Lernbetrieb-Beurteilungseinheit zum Ermöglichen einer Erneuerung der Werte des Ausgangssignals der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit, des Ausgangssignals des Lenkdrehmomentdetektors und des Lernwert des Lenkwinkelsignals dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit gleich zu oder größer als ein vorgegebener Wert ist und jedes Signal ausgewählt aus dem Signal der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit, des Signals des Lenkdrehmomentdetektors und des Lenkwinkelsignals gleich zu oder kleiner als ein vorgegebener Wert ist, wodurch ein Lernvorgang dann vermieden wird, wenn er nicht geeignet durchgeführt werden kann, und hierdurch wird vermieden, dass die Lernwerte Fehler aufweisen, und zudem die Zuverlässigkeit verbessert.

1. Steuer- bzw. Regeleinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät, enthaltend:
einen elektrischen Motor (10), der in einem Lenksystem vorgesehen ist, angeschlossen zwischen einem Lenkrad und lenkbaren Rädern eines Fahrzeugs, zum Erzeugen eines Hilfsdrehmoments zum Unterstützen eines Lenkdrehmoments, das auf das Lenkrad durch einen Betreiber ausgeübt wird;
eine Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) zum Steuern des elektrischen Motors (10) derart, dass die Reibung in einem Rotor des elektrischen Motors (10), in dem Fahrzeug und in dem Lenksystem kompensiert wird und ein Drehmoment zum Rückstellen des Lenkrads korrigiert wird; und
eine Lerneinheit (110) für einen Lernvorgang im Hinblick auf eine Differenz der Werte der Reibung in dem Rotor des elektrischen Motors (10), der Reibung in dem Fahrzeug und in dem Lenksystem und dem Drehmoment zum Rückstellen des Lenkrads, aufgrund der Richtung zum Rückstellen des Lenkrads; derart, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen Umfang der Korrektur im Hinblick auf die Differenz aufgrund der Richtung der Drehung oder Bewegung des Lenkrads zu einem optimalen Wert in Übereinstimmung mit einem Lernwert der Lerneinheit (110) festlegt.
2. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit (101) enthält, zum Bestimmen eines gegenwirkenden Drehmoments, das durch die Seitenoberfläche erzeugt wird, auf dem sich das Fahrzeug fortbewegt, und das gegen die Betreiberinduzierte Lenkkraft wirkt, und derart, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen Umfang der Korrektur des Drehmomentwerts zum Wiederherstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erhält, in Übereinstimmung mit einem Lernwert für eine Ausgangsgröße der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit (101), wodurch der elektrische Motor (10) gesteuert wird.
3. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner einen Lenkwinkeldetektor (15) zum Detektieren des Drehwinkels des Lenkrads enthält, derart, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen Wert der Korrektur des Drehmomentwerts zum Rückstellen des Lenkrads zu einer Zwischenposition erzielt, in Übereinstimmung mit einem Lernwert eines Lenkradwinkelsignals, das von dem Lenkwinkeldetektor (15) ausgegeben wird, wodurch der elektrische Motor (10) gesteuert wird.
4. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner enthält:
einen Lenkdrehmomentdetektor (1) zum Detektieren des Lenkdrehmoments des Lenkrads; und
einen Motorstromdetektor (11) zum Detektieren des über den elektrischen Motor (10) fließenden elektrischen Strom; derart, dass
die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) enthält, zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Werts, der durch Subtrahieren eines Lenkwellen-

- drehmomentumgesetzten Motorträgheits-Drehmoments von der Summe der Ausgangsgröße des Lenkdrehmomentdetektors (1) und eines Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motordrehmoments erhalten wird, das anhand einer Ausgangsgröße des Motorstromdetektors (11) berechnet wird, derart, dass der Wert über ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter gefiltert ist; und
die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen Wert der Korrektur des Drehmomentwerts zum Wiederherstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition gemäß einem Lernwert eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzsymbols erzielt, das durch die Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) ausgegeben wird, wodurch der elektrische Motor (10) gesteuert wird.
5. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) enthält, zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand einer Ausgangsgröße des Lenkdrehmomentdetektors (1), die durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter gefiltert ist, und derart, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen Umfang der Korrektur des Drehmomentwerts zum Wiederherstellen des Lenkrads bei der Zwischenposition erzielt, in Übereinstimmung mit einem Lernwert für ein Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzsymbols, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) ausgegeben wird, wodurch der elektrische Motor (10) gesteuert wird.
6. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) enthält, zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motordrehmomentwerts, der anhand der Ausgangsgröße des Motorstromdetektors (11) berechnet wird, derart, dass der Lenkwellendrehmomentumgesetzte Motordrehmomentwert durch ein Tiefpass- oder Verzögerungsfilter gefiltert ist; und die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen Umfang der Korrektur des Drehmomentwerts zum Wiederherstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition in Übereinstimmung mit einem Lernwert eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentsignals erzielt, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) ausgegeben wird, wodurch der elektrische Motor (10) gesteuert wird.
7. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) eine Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) enthält, zum Schätzen eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmoments anhand eines Werts, der erhalten wird ausgehend von einem Wert des Lenkwellendrehmomentumgesetzten Motordrehmoments und des Motorträgheits-Drehmoments, das berechnet wird ausgehend von einer der Ausgangsgrößen des Lenkdrehmomentdetektors (1) und des Motorstromdetektors (11), und derart, dass der Wert durch ein Tiefpassfilter oder Verzögerungsfilter gefiltert ist; und
die Lenkrad-Rückstellkorrektureinheit (100) einen

Korrekturumfang des Drehmomentwerts zum Wiederherstellen des Lenkrads bei einer Zwischenposition erzielt, und zwar in Übereinstimmung mit einem Lernwert eines Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentensignals, das von der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentschätzeinheit (101a) ausgegeben wird, wodurch der elektrische Motor (10) gesteuert wird.

8. Steuereinrichtung für ein elektrisches Servolenkgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Lerneinheit (110) eine Lernbetriebsbeurteilungseinheit (113) enthält, zum Zulassen einer Erneuerung des Ausgangssignals der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit (101), des Ausgangssignals des Lenkdrehmomentdetektors (1) und des Lernwerts des Lenkwinkelsignals dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist, und wenn jeder der Werte ausgewählt aus dem Ausgangssignal der Straßenoberflächen-Gegenwirkungs-Drehmomentbestimmungseinheit (101), dem Ausgangssignal des Lenkdrehmomentdetektors (1) und dem Lenkwinkelsignal nicht größer als ein vorgegebener Wert ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

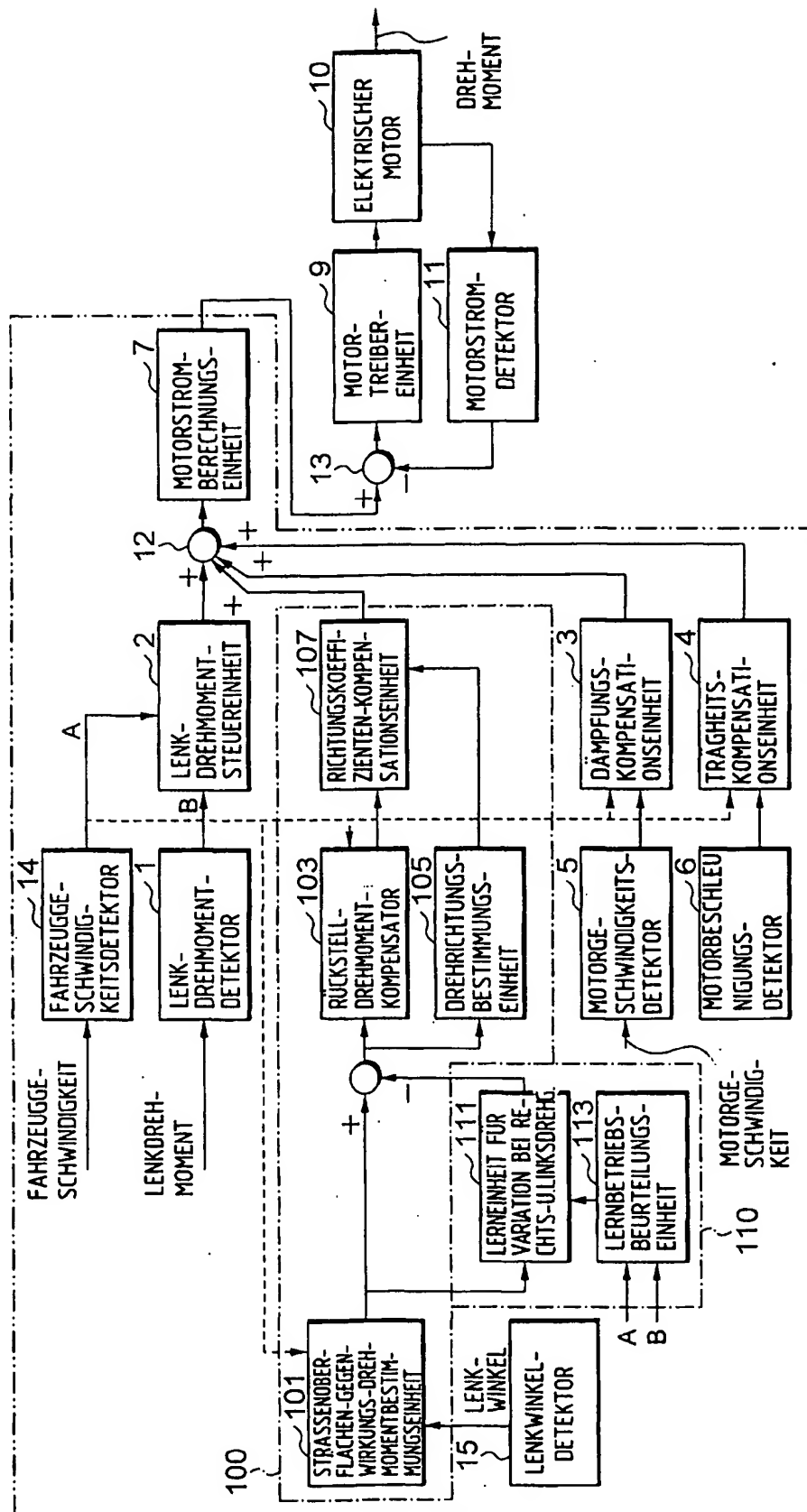


FIG. 2

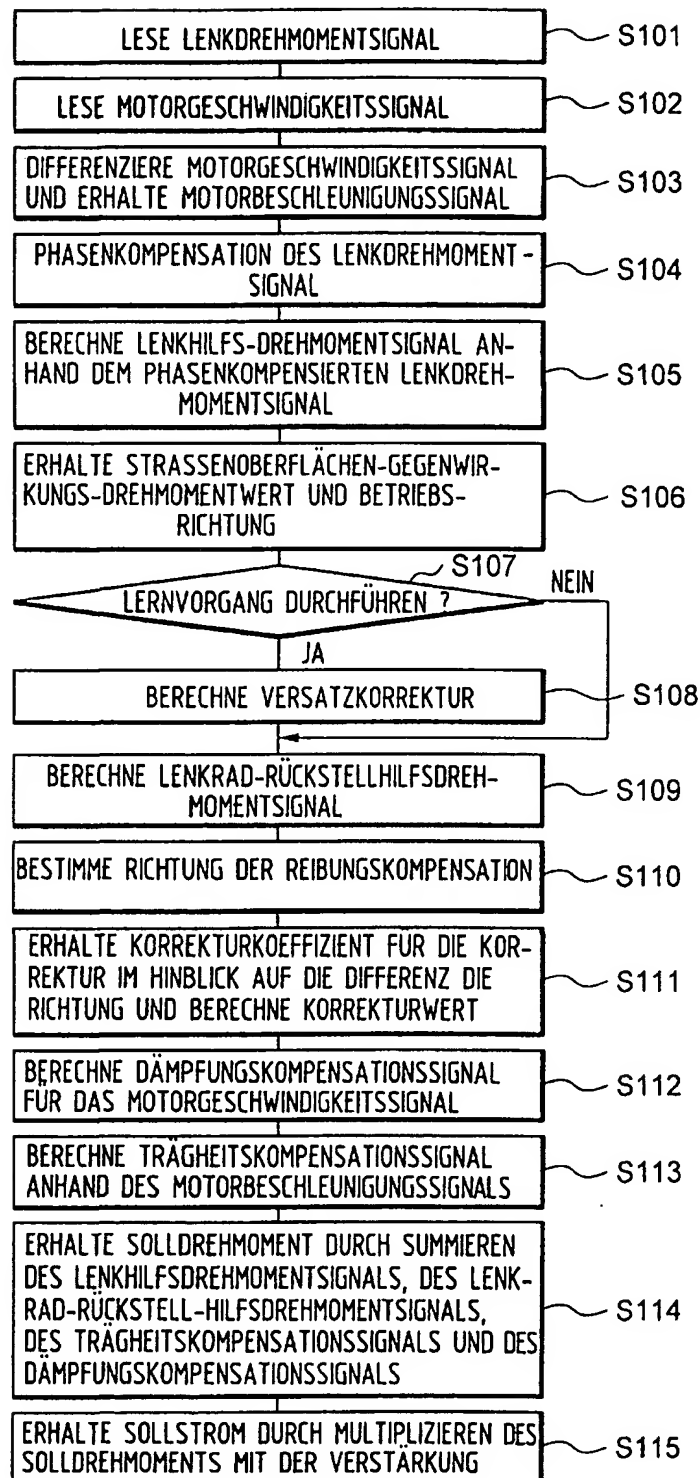


FIG. 3

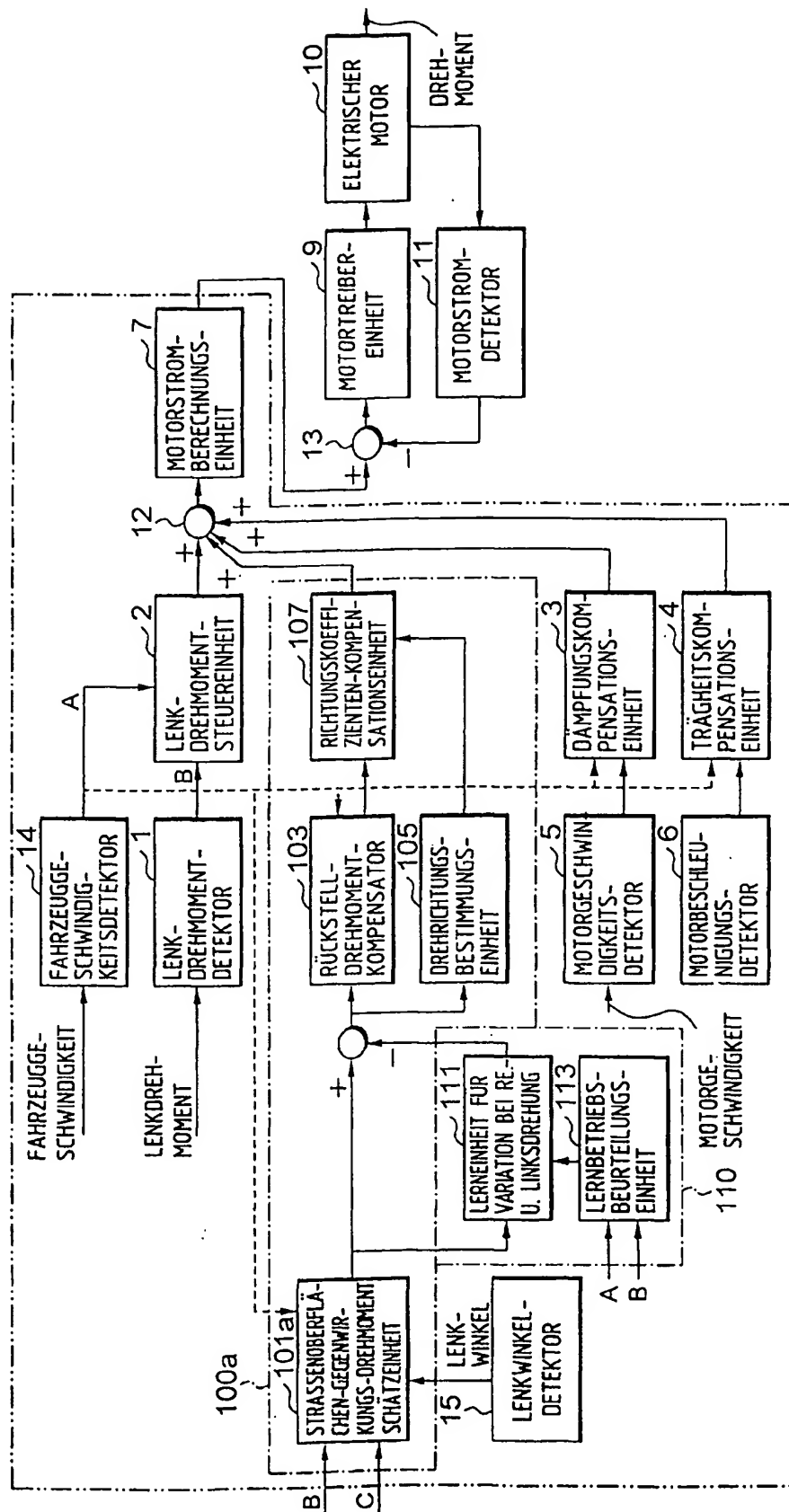


FIG. 4

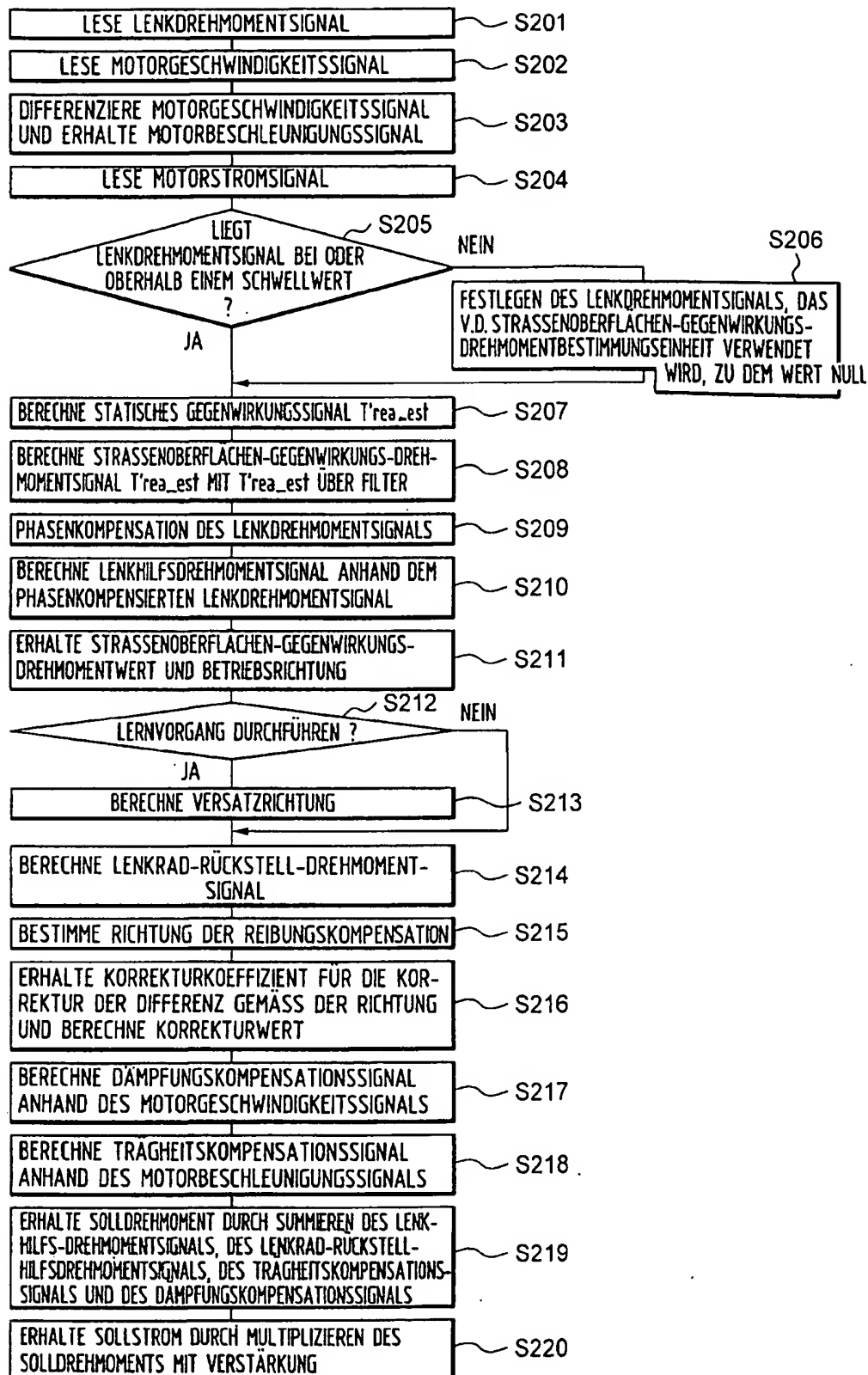


FIG. 5

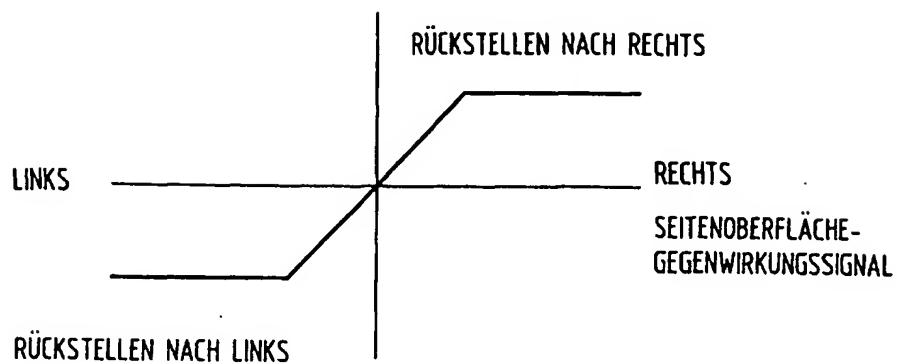


FIG. 6

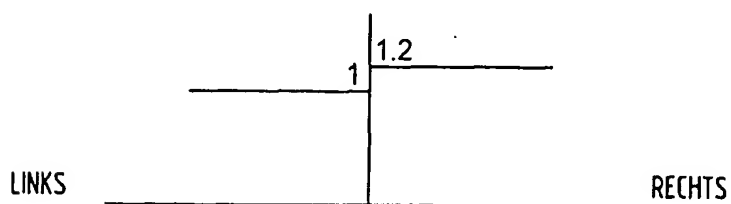


FIG. 7

